

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ.				

УДК 621.316.98: 621.311.4.027

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Ильин Евгений Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пичугина М.Т.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Н.В.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	к.т.н., доцент		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Сулайманов А.О.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Ильину Евгению Александровичу

Тема работы:

Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №653/с от 02.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	В данной работе проектируется грозозащита высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ. $U_{ном} = 150$ кВ; $U_{п} = 1260$ кВ; $\tau_{ф} = 0,45$ мкс; $l_{12} = 40,5$ м; $W_1 = 500$ Ом; $W_2 = 400$ Ом; $C_T = 1350$ пФ; тип РВС. Характеристики линии: $U_n = 150$ кВ; $\alpha = 30$ град; $L_{вл} = 250$ км; $l_{п} = 130$ м; $D_r = 35$ Ом; $\rho_{изм} = 220$ Ом · м; $n = 10$; $R = 1,6$ см; Климатическая зона – IV; Тип изолятора – ПС6-А
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Расчет напряжения на изоляции при заданной волне перенапряжения 3. Определение эффективности грозозащиты подстанции от волн перенапряжения, набегающих с линии. 3. Определение эффективности грозозащиты подстанции от волн перенапряжения, набегающих с линии. 4. Расчет напряжения на вентильном разряднике для заданной волны перенапряжения. 5. Выбор места установки и расчет зон защиты стержневых молниеотводов для заданной подстанции 6. Оценка эффективности молниезащиты подстанции. 7. Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи.
Перечень графического материала	Зоны защиты стержневых молниеотводов. Напряжения на изоляции силового трансформатора.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Нина Васильевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пичугина М.Т.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Ильин Евгений Александрович		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования бакалавр
Кафедра ЭЭС
Период выполнения весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.03.2016 г.	Расчет напряжений на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	5
03.04.2016 г.	Расчет кривой опасных параметров	5
14.04.2016 г.	Расчет заземлителей	4
21.05.2016 г.	Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	2
23.05.2016 г.	Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии	3
10.05.2016 г.	Расчет грозозащиты ЛЭП	3
07.03.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	4
27.05.2016 г.	Социальная ответственность	4
11.06.2016 г.	Оформление работы	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Пичугина М.Т.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	К.Т.Н., доцент		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Ильин Евгений Александрович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочая зона – территория подстанции, опоры ВЛЭП и территория вокруг них. Технологический процесс заключается в приеме, преобразовании и распределении э/э</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вредные факторы производственной среды: отклонение показателей микроклимата, переменчивые метеоусловия на ОРУ, шумы и вибрации, освещение, электромагнитные поля и ионизирующие излучения; - Опасные факторы производственной среды: механической природы – падение с высоты, термического происхождения – ожоги, электрическая природа – электрический ток, пожарная и взрывная природа – пожар на маслонаполненном оборудовании, взрывы оборудования; - Влияние на окружающую среду: Санитарно-защитные зоны, загрязнение литосферы вследствие аварийных сливов трансформаторных масел; - ЧС: техногенного характера – пожары, взрывы, аварии; экологического – загрязнение литосферы сбросами трансформаторных масел.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	СанПиН 2.2.4.548-96, ГОСТ 12.2.024-87 ССБТ, СН 2.2.4/2.1.8.562-96, ГОСТ 12.1.012-90, СН 2.2.4/2.1.8.566-96, СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.002-84, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, , СНиП 41-03-2003, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03,

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; действие фактора на организм человека; приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> - Вредные факторы на подстанции возникают использования энергетического оборудования; - Негативное влияние обусловлено наличием электромагнитного поля и ионизирующего излучения. Данные факторы негативно воздействуют на персонал. Ухудшение здоровья. Повышенная утомляемость, головные боли и боли в сердце; - Нормирование излучений осуществляется по СанПиН 2.2.4.1191-03; - Средства коллективной защиты: ограничение продолжительности пребывания в МП, экранирование. Индивидуальные – СИЗ.
--	--

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); 	<ul style="list-style-type: none"> – Механические опасности – падение с высоты; – Термические опасности – ожоги о нагретые части электроустановок; – Электробезопасность – существует опасность поражения электрическим током. Средства защиты от поражения электрическим током: соблюдение ТБ, защитное заземление, молниезащита; – Причины пожаров и взрывов: неисправность маслonaполненного оборудования, захламление ОРУ, ЗРУ. Профилактические мероприятия: соблюдение правил и норм противопожарной безопасности. <p>Первичные средства пожаротушения: ящики с песком и лопатами, огнетушители</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Защита селитебной зоны – установка санитарно-защитной зоны; – Воздействия объекта на атмосферу не выявлено. Выбросов нет; – Воздействий объекта на гидросферу не выявлено. Сбросов нет; – Воздействия объекта на литосферу присутствуют. Загрязнение-происходит при аварийном сбросе трансформаторного масла, отчуждение территории под подстанцию; – Решения: замена маслonaполненных на сухие трансформаторы.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> – Пожары, взрывы, аварии на производстве; – Наиболее типичная ЧС – пожар; – Превентивные меры по повышению устойчивости – проведение противопожарных инструктажей, обучение персонала; – Меры по повышению устойчивости: периодические осмотры оборудования, свободный доступ к оборудованию.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Специальные правовые нормы для вредных и опасных производств регулируются разделом XII ТК РФ; – Мероприятия – правильная планировка ОРУ, применения блокировок, ограждения.
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>----</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Ильин Евгений Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Ильин Евгений Александрович

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление /специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 30% районный коэффициент</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>27,1 % отчисления в социальные фонды</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентоспособности технического решения с позиции ресурсоэффективности</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки НИ: -определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на НИ: - материальные затраты; -заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы. Определение затрат на реализацию проекта</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение ресурсоэффективности НИ</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Календарный план-график проектирования грозозащиты
Оценочная карта конкурентных технических решений

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Потехина Нина Васильевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Ильин Евгений Александрович		

Реферат

Работа содержит 97 листов, 14 рисунков, 19 таблиц, 22 используемых источника.

Ключевые слова: грозозащита, кривая опасных параметров, волна перенапряжения, вентильный разрядник, стержневые молниеотводы, заземлитель, длина защитного подхода, показатель грозоупорности, вольт-секундная характеристика, молниеотвод.

Объектом исследования в данной работе является подстанция и примыкающая к ней ВЛЭП.

Цель работы – рассчитать и спроектировать грозозащиту высоковольтной подстанции на номинальное напряжение 150 кВ.

В процессе исследования грозозащиты подстанции были произведены следующие расчеты: расчет кривой опасных параметров; определение надежности грозозащиты подстанции и напряжения на вентильном разряднике при воздействии волн, набегających с линии; расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения; расчет и построение зон защиты стержневых молниеотводов; произведен расчет числа грозовых отключений линии электропередач. Показатель грозоупорности рассчитанной подстанции равен – 100 лет.

В ходе данной работы были проведены расчеты, характеризующие себестоимость проекта и непосредственной его реализации в реальный объект. В разделе работы «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, возможные чрезвычайные ситуации и экологические проблемы, возникающие непосредственно на территории проектируемой подстанции и ВЛЭП. Предложены средства коллективной и индивидуальной защиты по каждому из пунктов данной части работы.

Работа выполнялась в текстовом редакторе Microsoft Word 2016, Microsoft Excel 2016. Расчеты производились при помощи MathCad 15.

Обозначения и сокращения

ЭЭС – электроэнергетическая система;
ПС – подстанция;
ОРУ – открытое распределительное устройство;
ОПУ – оперативный пункт управления;
ВЛЭП – воздушная линия электропередачи;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
ВАХ – вольт-амперная характеристика;
КОП – кривая опасных параметров;
РВ – вентиляный разрядник;
ПУМ – прямой удар молнии;
ОПН – ограничитель перенапряжения;
СИЗ – средство индивидуальной защиты;
ЗУ – заземляющее устройство;
ЧС – чрезвычайная ситуация;
МП – магнитное поле;
НТД – нормативно-техническая документация.
ПУЭ – правила устройства электроустановок;

Содержание

Введение.....	14
1. Анализ грозозащиты высоковольтной подстанции на напряжение 150 кВ.....	16
1.1. Особенности молниезащиты подстанции 150 кВ при низкой проводимости грунта.....	16
1.1.1. Совершенствование грозозащиты. Требования эксплуатации.....	16
1.1.2. Проводимость грунтов.....	19
1.1.3. Заземлители.....	22
1.2. Грозозащита подстанции.....	26
1.2.1. Расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения.....	26
1.2.2. Расчет кривой опасных параметров (КОП).....	35
1.2.3. Заземлители и их расчет.....	41
1.2.4. Оценка надежности грозозащиты подстанции от волн, набегающих с линии.....	42
1.2.5. Определение напряжения на вентильном разряднике при воздействии волны грозового перенапряжения.....	44
1.2.6. Зоны защиты стержневых молниеотводов.....	45
1.3. Грозозащита ЛЭП.....	49
1.3.1. Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередачи.....	49
1.4. Выводы.....	54
2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	55
2.4. Разработка графика проведения проектирования.....	59
2.5. Формирование бюджета затрат на проектирование.....	60
2.5.1. Расчет материальных затрат проектирования.....	60
2.5.2. Определение затрат на реализации проекта.....	62
2.5.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ.....	63
2.6. Ресурсоэффективность.....	66
2.7. Выводы.....	67
3. Социальная ответственность.....	68
3.1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	71
3.1.1. Микроклимат.....	72
3.1.2. Производственный шум.....	73
3.1.3. Вибрации.....	74
3.1.4. Освещенность.....	74
3.1.5. Электромагнитное излучение.....	75
3.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	77
3.3. Охрана окружающей среды.....	79
3.3.1. Защита селитебной зоны.....	79
3.3.2. Анализ воздействия объекта на атмосферу.....	80
3.3.3. Анализ воздействия объекта на гидросферу.....	80
3.3.4. Анализ воздействия объекта на литосферу.....	80
3.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.....	81
3.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	82
3.5.1. Правовые нормы трудового законодательства.....	82
3.5.2. Организационные мероприятия.....	83
3.6. Выводы.....	84
Заключение.....	86
Список использованных источников.....	88
Приложение А.....	90
Приложение В.....	91
Приложение С.....	92

Приложение D.....	93
Приложение E.....	94
Приложение F.....	95
Приложение G.....	97

Введение

Надежность работы электрической сети непосредственно связана с эффективностью молниезащиты ее элементов. В данной работе рассмотрена организация молниезащиты подстанции и ВЛЭП на номинальное напряжение 150 кВ.

Электрооборудование устанавливаемое и используемое на подстанциях подвергается воздействию атмосферных перенапряжений. Данные перенапряжения могут возникать как при прямых ударах молнии непосредственно в объект (трансформатор и иные элементы, находящиеся на ОРУ), так и при набегании волн грозовых перенапряжений с линий электропередач.

Наибольшую опасность для изоляции оборудования подстанции представляют импульсные волны перенапряжения, приходящие по ЛЭП. Число таких волн за грозовой сезон может быть достаточно большим. Для защиты от таких набегающих волн в данной работе было рассмотрено применение вентильного разрядника. Для защиты площади подстанции от ПУМ стржевые молниеотводы.

На сегодняшний день для защиты подстанционного оборудования от волн перенапряжения набегающих с линии используется широкий спектр специализированных мер и оборудования. К таким мерам относятся: применение ограничителей перенапряжения, вентильных разрядников, молниеотводов; установка грозозащитных тросов, контуров заземления распорядительного устройства, заземлителей опор высоковольтных линий электропередач.

Грозозащита подстанции должна исключать приход на подстанцию волн с крутым фронтом. Это достигается выбором соответствующей длины защитного подхода ВЛЭП к высоковольтной подстанции. Защитный угол троса и сопротивление опор на подходе должны иметь как можно меньшие значения.

Организация правильной и надежной грозозащиты подстанционного оборудования является важной задачей высоковольтной электроэнергетики.

2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

2.1. Анализ конкурентных технических решений

Цель данного раздела ВКР заключается в оценке конкурентоспособности и ресурсоэффективности научной разработки. Будет определена конкурентоспособность выполненного проекта, трудоемкость проводимых работ, создан график проведения работ, произведен расчет стоимости материальных затрат, а также заработной платы и сформирован бюджет затрат на проектирование.

Важнейшим элементом грозозащиты является разрядник. Производится выбор базового объекта конкурента, аналогичного по назначению и условиям эксплуатации с оцениваемым объектом. Конкурентом рассматриваемому разряднику РВС-150 является разрядник РВМГ-150. Данный анализ произведём с помощью оценочной карты (таблица 6). Оценка будет происходить по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

Таблица 6 – Оценочная карта конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		РВС-150	РВРД-150	РВС-150	РВРД-150
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1.Наибольшее допустимое U	0,25	4	4	1	1
2. Габариты	0,07	3	2	0,21	0,14
3. Масса	0,07	2	2	0,14	0,14
4. Гарантийный срок	0,15	4	4	0,6	0,6

Продолжение таблицы 6

Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,14	4	4	0,56	0,56
2. Цена	0,13	4	3	0,52	0,39
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,19	4	3	0,76	0,57
Итого	1	25	22	3,79	3,4

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 0,25 \cdot 4 = 1$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В ходе проведения данного анализа было выявлено превосходство разрядников типа РВС. Поэтому при проектировании грозозащиты использованы разрядники данного типа.

2.2. Планирование работ по проектированию

2.2.1. Структура работ в рамках проектирования

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- ✓ определение структуры работ в рамках проектирования;
- ✓ определение участников каждой работы;
- ✓ установление продолжительности работ;
- ✓ построение графика проведения проектирования.

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, в состав которой входят руководитель и инженер. Перечень этапов и работ в рамках

проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по ним

Основные этапы работы	№ раб.	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление, утверждение и выдача технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Ознакомление с технической документацией	Инженер
	3	Подбор технической литературы	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Расчет напряжения на изоляции трансформатора при заданной волне перенапряжения	5	Описание схемы замещения подстанции, электрической схемы и выбор параметров РВ	Инженер
	6	Нахождение напряжения на изоляции силового трансформатора графическим методом	Инженер
	7	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет кривой опасных параметров (КОП)	8	Нахождение длительности фронта волны перенапряжения при 4 значениях параметра М	Инженер
	9	Расчет КОП в специализированной программе	Инженер
	10	Расчет длины защитного подхода	Инженер
	11	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет заземлителей	12	Расчет сопротивления заземления опоры	Инженер
	13	Оценка надежности грозозащиты подстанции	Инженер
	14	Анализ полученных результатов	Руководитель

Продолжение таблицы 7

Расчет зон защиты стержневых молниеотводов	15	Расчет параметров зон защиты стержневых молниеотводов. Составление эскизов	Инженер
	16	Проверка полученных результатов	Руководитель
Расчет грозозащиты ЛЭП	17	Расчет удельного числа грозовых отключений линии электропередач	Инженер
Разработка технической документации	18	Составление пояснительной записки	Инженер
	19	Составление принципиальных электрических схем, оформление чертежей	Инженер
	20	Проверка готовой работы	Руководитель

2.3. Определение трудоемкости выполнения работ

Важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников проектирования.

Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Пример расчета (Составление ТЗ), для остальных работ расчет проводится аналогично:

Определяем величину ожидаемой продолжительности работ:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4 \text{ чел-дней};$$

Определим продолжительность работы в рабочих днях:

$$T_p = \frac{t_{ож}}{U} = \frac{4}{1} = 4 \text{ дня};$$

2.4. Разработка графика проведения проектирования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48 \text{ (для 5-тидневной раб. недели)}$$

Для руководителя = 1,22 (для 6-тидневной раб. недели)

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (приложение F).

На основе этой таблицы строится календарный план-график (приложение G).

Итого, длительность работ в календарных днях руководителя проекта равняется 19 дней, а инженера 72 дня.

2.5. Формирование бюджета затрат на проектирование

2.5.1. Расчет материальных затрат проектирования

При планировании бюджета НТИ необходимо отразить все расходы, связанные с выполнением проектирования.

Смета затрат на производство проектирования.

1. Материальные затраты

Затраты на канцелярские товары – 500 руб.;

Таблица 8 – Затраты на канцелярские товары

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Бумага для принтера, формат А4	Лист	165	2	330
Карандаш механический	Штука	2	35	70
Стержни на карандаш	Упаковка	1	20	20
Тетрадь	Штука	2	25	50
Ручка	Штука	2	15	30
Итого				500

2. Затраты на технические средства и программное обеспечение

Таблица 9 – Затраты на технические средства и программное обеспечение

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
ПЭВМ	Штука	1	25000	25000
Принтер	Штука	1	5000	5000

Продолжение таблицы 9

Специализированное программное обеспечение для расчета грозозащиты подстанции	Штука	1	2000	2000
Итого				32000

3. Затраты на оплату труда

Согласно данным ТПУ, оклад исполнителей будет составлять следующие величины.

Месячный должностной оклад для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 14584 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{мс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

Исходя из количества дней, которое исполнители проекта были заняты (длительность работ руководителя проекта равняется 19 дней, а инженера 72 дня) рассчитаем отчисления заказчика работ в фонд заработной платы (ФЗП), отчисления на социальные нужды (ОСН), прочие непредвиденные расходы (Пр.) и накладные расходы (Нр.).

Затраты на оплату труда:

$$\Phi ЗП_{\text{н}} = \sum ЗП_{\text{рук}} + \sum ЗП_{\text{инж}} = \frac{19}{26} \cdot 45366 + \frac{72}{22} \cdot 29250 = 85891,61 \text{ руб.}$$

Определяем отчисления на социальные нужды (27,1%).

$$ОСН_{\text{н}} = 0,271 \cdot 85891,61 = 23276,63 \text{ руб.}$$

Определяем величину прочих непредвиденных расходов (10 % от $\sum I_n$).

$$\sum I = \sum M_z + \Phi ЗП_n + ОСН_n = 32500 + 85891,61 + 23276,63 = 141668,24 \text{ руб.}$$

$$Пр_n = 0,1 \cdot \sum I_n = 0,1 \cdot 141668,24 = 14166,824 \text{ руб.}$$

Определим величину накладных расходов исходя из того, что они составляют 16 % от $\sum I_n$.

$$Нр_n = 0,16 \cdot \sum I_n = 0,16 \cdot 141668,24 = 22666,9184 \text{ руб.}$$

Сведем все полученные результаты в таблицу 10.

Таблица 10 – Смета затрат на проектирование

№ п/п	Вид затрат	Величина, руб.	%
1	Материальные затраты	500	0,28
2	Затраты на технические средства и программное обеспечение	32000	17,92
3	Затраты на оплату труда	85891,61	48,11
4	Отчисления на социальные нужды	23276,63	13,03
5	Прочие непредвиденные расходы	14166,824	7,9
6	Накладные расходы	22666,9184	12,7
7	Суммарная себестоимость	178502,0024	100

Исходя из расчетов затрат на проектирование можно сделать вывод, что основная часть денежных средств затрачивается на оплату труда.

2.5.2. Определение затрат на реализации проекта

Для осуществления проекта необходимо произвести покупку необходимого оборудования для грозозащиты подстанции, рассчитанное на номинальное напряжение 150 кВ.

Цены взяты из источников [6] и [7]. Информационный портал является информационно-аналитической и торгово-операционной системой, предоставляющей информацию о рынке продукции, услугах и технологиях в

области электроэнергетики. Согласно данным, представленным в данной системе, стоимость необходимого оборудования представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Смета на необходимое оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Итого, руб.
Вентильный разрядник РВС - 150	1	46000	46000
Опоры	4	31801	127204
Грозозащитный трос	2166 м	196	424536
Заземлители	4	12085	48340
Итого			646080

2.5.3. Планирование монтажных и пусконаладочных работ

Монтаж и наладку грозозащиты подстанции номинальным напряжением 150 кВ будет осуществляться специалистами компании ООО “Горсети”.

Работа, производимая при монтаже и наладке грозозащиты специалистами выбранной компании, будет осуществляться в несколько этапов:

Изучение схем и чертежей, подготовка к работе – 3 дня;

Монтаж грозозащитного оборудования – 25 дней;

Наладка грозозащитного оборудования – 3 дня;

Проверка работоспособности оборудования, всего комплекса установленных защит – 5 дней.

В итоге работа по монтажу и вводу в эксплуатацию грозозащиты подстанции продолжится в течение 36 дней бригадой, состоящей из 8 человек: руководитель работ, производитель работ, наблюдающий и 5 членов бригады.

В таблице 12 приведены данные о величинах окладов каждого из задействованных в работе членов монтажной бригады.

Таблица 12 – Заработная плата бригады монтажников

Состав бригады	Количество	Оклад, руб.
Руководитель работ	1	25000
Производитель работ	1	20000
Наблюдающий	1	17000
Член бригады	5	15000

При расчете будем учитывать, что среднее количество рабочих дней в месяце равняется 21.

Для проведения работ по монтажу нам необходима техника для расчистки территории под строительство и техника для поднятия людей и материалов на высоту. В подготовки под строительство территории будет использоваться бульдозер, для выполнения высотных работ подъемный кран (автовышка). Данные машины будут арендованы для бригады, так как экономически нецелесообразно производить их покупку для выполнения монтажа грозозащиты, поэтому объем работ не настолько большой.

Затраты на аренду машин приведены в следующей таблице 13:

Таблица 13 – Затраты на аренду машин

Оборудование	Задействовано, дни	Стоимость, в день	Итого, руб.
Бульдозер	15	16000	240000
Автовышка	25	7200	180000
Материальные затраты на оборудование,			420000

Рассчитаем суммарные затраты на монтаж и пусконаладочные работы грозозащиты подстанции.

Фонд заработной платы, включает районный коэффициент 1,3, премию за своевременное выполнение обязательств по договору – 60 %, доплаты и надбавки составляющие 10 %.

$$\Phi ЗП = ((25000 + 20000 + 17000 + 5 \cdot 15000) \cdot (1 + 0,6 + 0,1) \cdot 1,3) \cdot \frac{36}{21} = 519034,29 \text{ руб.}$$

Рассчитаем отчисления на социальные нужды – 30 %.

$$ОСН = 0,302 \cdot \Phi ЗП = 0,30 \cdot 519034,29 = 155710,29 \text{ руб.}$$

Рассчитаем прочие непредвиденные расходы (составляют примерно 1 % от $\sum I_n$).

$$\sum I_n = \sum M_z + \Phi ЗП + ОСН = 420000 + 519034,29 + 155710,29 = 1094744,58 \text{ руб.}$$

$$Пр_m = 0,01 \cdot \sum I_n = 0,01 \cdot 1094744,58 = 10947,44 \text{ руб.}$$

Определим величину накладных расходов (16 % от $\sum I_n$)

$$Нр_m = 0,16 \cdot \sum I_n = 0,16 \cdot 1094744,58 = 437897,83 \text{ руб.}$$

Общая себестоимость монтажа грозозащиты подстанции:

$$C_m = \sum I_n + Пр_m + Нр_m = 1094744,58 + 10947,44 + 437897,83 = 1543589,85 \text{ руб.}$$

Сведем все данные по капиталовложениям в проект в таблицу 14.

Таблица 14 – Капиталовложения в проект

Наименование затрат	Вложения, руб.	%
Затраты на оборудование и комплектующие	646080	27,28
Затраты на проектирование	178502	7,53
Затраты на монтаж	1543589,85	65,18
Итого	2 368 171,85	100

2.6. Ресурсоэффективность

Ресурсоэффективность автоматизированной системы определяется при помощи интегрального критерия ресурсоэффективности, который имеет следующий вид:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент проекта;

b_i – бальная оценка проекта, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка разработки
1. Безопасность	0,25	5
2. Надежность	0,25	5
3. Удобство в эксплуатации	0,20	4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,20	4
5. Энергоэкономичность	0,10	3
Итого:	1,00	

Интегральный показатель ресурсоэффективности для разрабатываемого проекта:

$$I_{pi} = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,20 \cdot 4 + 0,20 \cdot 4 + 0,10 \cdot 3 = 4,4$$

Проведенная оценка ресурсоэффективности проекта дает достаточно неплохой результат (4,4 из 5), что свидетельствует об эффективности реализации технического проекта.

2.7. Выводы

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта имеет важное значение при выполнении данного раздела. Его высокое значение говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы безопасности и надежности, удобства в эксплуатации и предполагаемый срок эксплуатации позволяют судить о корректно выполненной разработке системы.

В результате выполнения заданий данного раздела была произведена оценка конкурентоспособности. В ходе проведения данного анализа было выявлено превосходство разрядников типа РВС, поэтому при проектировании грозозащиты использованы разрядники данного типа. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 19 дней, а для инженера – 72 дня. На основе временных показателей по каждой из произведенных работ был построен календарный план-график, по которому можно увидеть, что самая продолжительная по времени работа – это составление пояснительной записки.

После формирования бюджета затрат на проектирование суммарные капиталовложения составили **2 368 тыс. руб.** С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,4).